

23351

THOMSON

DELPHION

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

Log Out Work Files Saved Searches

My Account Products

Search: Quick Number Delphion Advanced Database

## The Delphion Integrated View

Buy Now: ☒ PDF | [More choices...](#)Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)View: [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#) ☒ Go to: [Derwent](#)☒ Email

**Title:** JP11241903A2: STRAIN SENSOR BY CONDUCTIVE PARTICLE-POLYMER SYSTEM

**Derwent Title:** Distortion sensor for monitoring building - includes conductive particles whose electrical resistance increases with expansion of polymer sheet  
[\[Derwent Record\]](#)

**Country:** JP Japan

**Kind:** A (See also: [JP3418561B2](#))

**Inventor:** KIMURA TOYOAKI;  
FUJISAKI TADASHI;

**Assignee:** KIMURA TOYOAKI  
SHIMIZU CORP  
MARUHA CORP  
MITAKE DENSHI KOGYO KK  
FOR LIFE:KK  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)



**Published / Filed:** 1999-09-07 / 1998-12-25

**Application Number:** JP1998000371503

**IPC Code:** [G01B 7/16](#); [G01L 1/00](#);

**Priority Number:** 1997-12-26 JP1997000361358

**Abstract:** **PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a sensor for monitoring safety of constructions such as buildings and bridges by measuring variation of electric resistance caused by elongation of a system by applying tension to a molding obtained by dispersing a conductive particle in a polymer.

**SOLUTION:** This sensor is used while being firmly fixed in an iron frame or a reinforcing bar. When the iron frame or the reinforcing bar is elongated and strained due to outer force such as an earthquake, the firmly fixed sensor is also strained equally. As a result, the electric resistance of the sensor is increased exponentially. Whether the strain applied to the iron frame or the reinforcing bar is within an allowable range or not is determined in such a method. Since the allowable strain value of an iron-framed construction or a steel-reinforced concrete construction is well known, the size and other properties of the sensor are designed as to significantly increase the electric resistance variation near the allowable value. Moreover, the upper limit of the elongation and the resistance variation per unit elongation strain depend on the concentration of the particle dispersed in the system. Consequently, in sufficient consideration of the properties of the iron frame or the reinforcing bar to be monitored and the size of a part where strain generation is

supposed to occur, a sensor most suitable for monitoring can be designed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

INPADOC  
Legal Status:

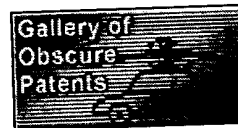
None Buy Now: [Family Legal Status Report](#)

Family:

[Show 4 known family members](#)

Other Abstract  
Info:

DERABS C1999-555881 DERABS C1999-555881



[Nominate](#)



[this for the Gallery...](#)

© 1997-2004 Thomson

[Research Subscriptions](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [Feedback](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-241903

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 1 B 7/16  
G 0 1 L 1/00

識別記号

F I  
G 0 1 B 7/18  
G 0 1 L 1/00

G  
D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平10-371503

(22) 出願日 平成10年(1998)12月25日

(31) 優先権主張番号 特願平9-361358

(32) 優先日 平 9 (1997)12月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 598001375

木村 豊明

愛知県名古屋市中川区荒子町字大和ヶ池75  
番地

(71) 出願人 000002299

清水建設株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番3号

(71) 出願人 000003274

マルハ株式会社

東京都千代田区大手町1丁目1番2号

(74) 代理人 弁理士 森 廣三郎

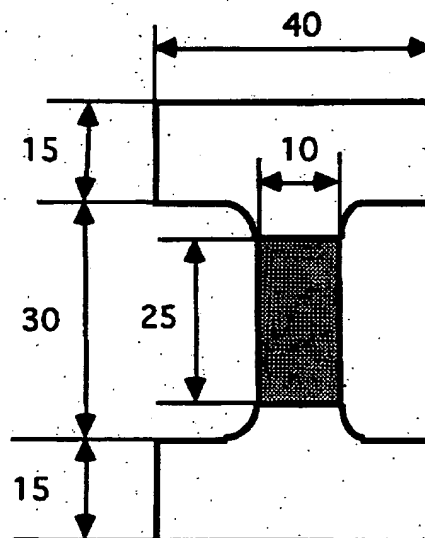
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電性粒子—高分子系による歪みセンサー

(57) 【要約】

【課題】 ビル、橋梁、高架道路、トンネル、ダム等の鉄骨構造物、鉄筋コンクリート構造物の安全監視用の歪みセンサーを得る。

【解決手段】 導電性粒子をプラスチック、ゴムなどの高分子に分散させ、粒子の接触による粒子連鎖を形成し、系内に導電性回路を形成した系を用い、系が外力により伸張を受けたとき、この回路も伸張を受け、この結果系の電気抵抗が増加し、この増加分を測定することにより伸張歪みを計測するセンサーとした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性粒子を高分子に分散させてシート状その他所定形状の成形物とし、該成形物に張力が働いて系が伸張することにより引き起こされる電気抵抗の変化から、系に課せられた伸び歪みを読みとるセンサーである導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項2】 成形物は導電性粒子を高分子の溶媒溶液に混合分散させ、溶媒を除去してシート状に成形してなる請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項3】 成形物は導電性粒子を高分子の溶媒溶液に混合分散して印刷インキとし、該印刷インキを基材フィルムに塗布・印刷してなる請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項4】 成形物は導電性粒子と熱可塑性高分子とを熔融混練して導電性粒子を高分子に分散させ、シート状その他所定形状に成形してなる請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項5】 成形物は導電性粒子と硬化性樹脂とその硬化剤に混合分散させた後、成形硬化してなる請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項6】 導電性粒子はカーボンブラック、黒鉛、活性炭、カーボン繊維、カーボンウィスカー、フラーレン、カーボンナノチューブ、金属粉、金属箔、金属繊維、絶縁体ビーズ又はマイクロビーズの表面にカーボンを付与したもの、雲母、チタン酸カリウムなどの絶縁物微細片に化学メッキ、CVD又はPVDの処理により導電性を付与したものの1種又は2種以上の混合物である請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項7】 高分子はポリエチレン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、ポリエステル、ナイロン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ素樹脂、ポリ酢酸ビニル、ポリスチレン、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸エチル、ポリヒドロキシメタクリル酸メチル、ポリビニルアルコール、ポリアクリロニトリル、ポリイミド、ポリスルホン、ポリカーボネート、ポリアセタール、ポリウレタン、ポリフェニレンオキシド、ポリキシレン、ポリホルマール、ポリブチラール、ポリオキシエチレン、ポリオキシメチレン(無定形)、上記ポリマー二種以上の共重合体、ゴム類、シリコン樹脂、フェノール樹脂、変性アルキッド樹脂、セルローズの1種又は2種以上の混合物である請求項1記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

【請求項8】 ポリマー二種以上の共重合体は酢酸ビニル-ポリエチレン系共重合体である請求項7記載の導電性粒子-高分子系による歪みセンサー。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、導電性粒子をプラ

スチック、ゴムなどの高分子に分散させ、粒子の接触による粒子連鎖を形成し、系内に導電性回路を形成した系を用い、系が外力により伸張を受けたとき、この回路も伸張を受け、この結果系の電気抵抗が増加し、この増加分を測定することにより伸張歪みを計測するセンサーに関するものである。

【0002】 この技術の主要な応用分野としては、鉄骨構造物、鉄筋コンクリート構造物の安全監視にある。ビル、橋梁、高架道路、トンネル、ダム等、現代社会の構築物は殆ど全てが鉄骨、鉄筋コンクリートを主要材料とした構造物からなっている。これら鉄骨、鉄筋コンクリートの安全確認が地震国である我が国の主要なテーマであることは言うまでもない。しかもコンピューターによる情報システムを設置すれば、日本中何処でもリアルタイムによるオンライン監視が可能である。

【0003】 前述の構造物のみならず、重化学産業のタンクなどの不等沈下のオンラインシステムによる監視も可能である。また危険物取り扱い法で定められている、危険物貯蔵所、たとえば地下タンク等の検査も、検査日に内容物を取り出して検査しなくても、通常の業務中に、常時検査することも可能になる。

【0004】 上記の他にも船舶、メガフロート、航空機、大型車両等にも設置して安全管理にも寄与できる。特にメガフロートは現在のところ一定期間後にドックに曳航して検査しているので莫大な経費が必要となる。本発明のようなセンサー設置によりドックの使用回数を減らすことができれば大きな経費節減につながる。

【0005】

【従来の技術】 従来、鉄骨構造物、鉄筋コンクリート構造物は、その外部構造の耐火被覆材やコンクリートを剥離しない限り主構造の鉄骨、鉄筋の安全状況、すなわち破断、亀裂等の有無を確認することが出来なかった。近年これらの構造物に対して歪みセンサーを用いることによりどの部分も破壊することなく、鉄骨、鉄筋などの安全性を確認する技術が要望されている。

【0006】 これらの技術は、蛇行した抵抗線による歪み測定器、プラスチックフィルムに金属粉に依る導電性インクで蛇行のパターンを印刷したもの、セラミックの変形によるもの、およびカーボン繊維の切断による歪み測定器が知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 これらのうち、導電性インクをフィルムに印刷したものは一見本発明に類似しているが、次に述べるように大きな相違がある。導電性インクを印刷したセンサーの場合は、センサーの歪みを抵抗値の変化から計測している。この場合抵抗値は歪みに比例している。すなわち抵抗値は歪みの1次関数(直線関係)である。従ってこの様なセンサーを建物などに設置して、地震による破壊を検知するには、センサーの徹底した校正が必要となる。また厳密な校正が施された

としても、センサー特性の経時変化が微小であることが要求される。すなわちセンサーの抵抗値に変化があった場合、歪みによるものかあるいは経時変化なのか解らないようなことがあれば不都合である。一般的に言えば、校正は数年の間隔で行われるが、建築物が破壊するような地震は10年先か100年先か解らない。そのような長期間特性が安定していることが要求される。導電性インクの印刷物がそのような長期間の安定性をもっているかどうかは疑問である。

【0008】導電性インクを印刷したセンサーのもう一つの問題点は、前述のセンサーの校正に関するものであるが、歪みと抵抗値の間に常に定まった関係を維持するためには、センサー全体にわたって印刷膜が一定の特性を示さなければならない。大きなセンサーを作製した場合センサーの印刷部のどの部分においても単位長さ当たりの抵抗値は一定である印刷膜を形成せねばならない。一般に小面積を一定の特性に押さえ込むことはできても、大面積を一定の特性に保つのは困難である。こうした理由から導電性インクを印刷したセンサーは極度に小さい。

【0009】また導電性インクの印刷膜は金属粒子が沈積したものであるから、印刷膜の体積抵抗も自ずからある範囲内に限定されてしまって、体積抵抗を自由に調節するわけには行かない。これもこのセンサーが大型にできない要因の一つである。

【0010】前述の問題点の他に、従来のセンサーの第一の欠点は、小型である事である。今、ビルを例にとると、使用する鉄骨量は莫大であり、従ってモニターすべき箇所もかなりの数になる。センサーが小型の場合は、ビルを安全に管理するためには無数のセンサーが必要となり、この分のコスト増はそれだけ負担となる。まして高架道路となるとこの問題は更に深刻となる。更に、これら従来のセンサーは高価なものであるので、建築物、橋梁などに使用するのは事実上不可能である。

【0011】従来のセンサーの第二の欠点は、先に述べたようにセンサーからの出力が直線的な点である。センサーの徹底した更正、数十年にわたる特性維持無しには、監視システムの設計が難しくなる。つまりどの値が構造物の危険な状態であるのか明確に指示できなければならない。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の導電性粒子-高分子系による歪みセンサーは導電性粒子を高分子に分散させてシート状その他所定形状の成形物とし、該成形物に張力が働いて系が伸張することにより引き起こされる電気抵抗の変化から、系に課せられた伸び歪みを読みとるセンサーである。

【0013】ここで、成形物は導電性粒子を高分子の溶媒溶液に混合分散させ、溶媒を除去してシート状に成形したり、導電性粒子を高分子の溶媒溶液に混合分散して

印刷インクとし、該印刷インクを基材フィルムに塗布・印刷したり、導電性粒子と熱可塑性高分子とを熔融混練して導電性粒子を高分子に分散させ、シート状その他所定形状に成形したり、導電性粒子と硬化性樹脂とその硬化剤に混合分散させた後、成形硬化して得られる。

【0014】したがって、本発明で使用可能な導電性粒子はカーボンブラック、黒鉛、活性炭、カーボン繊維、カーボンウィスカー、フラーレン、カーボンナノチューブ、金属粉、金属箔、金属繊維、絶縁体ビーズ又はマイクロビーズの表面にカーボンを付与したもの、雲母、チタン酸カリウムなどの絶縁物微細片に化学メッキ、CV D又はPVDの処理により導電性を付与したものが用途に応じて選択できる。

【0015】また、発明で使用可能な高分子は上記導電性粒子が分散し、常温域で適度な強伸度を有するものであれば、いずれも使用可能であるが、好ましい高分子としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、ポリエステル、ナイロン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ素樹脂、ポリ酢酸ビニル、ポリスチレン、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸エチル、ポリヒドロキシメタクリル酸メチル、ポリビニルアルコール、ポリアクリロニトリル、ポリイミド、ポリスルホン、ポリカーボネード、ポリアセタール、ポリウレタン、ポリフェニレンオキシド、ポリキシレン、ポリホルマール、ポリブチラール、ポリオキシエチレン、ポリオキシメチレン(無定形)、上記ポリマー二種以上の共重合体、ゴム類、シリコーン樹脂、フェノール樹脂、変性アルキッド樹脂、セルローズである。なかでも、ポリマー二種以上の共重合体は酢酸ビニル-ポリエチレン系共重合体が広範囲の温度域で、しかも各種建造物に装着するのに好適なものである。

【0016】このように、我々は従来の高価なカーボン繊維、蛇行抵抗線、金属粉の導電性インクの印刷フィルムによるセンサーの代わりに、プラスチック、ゴムなどの高分子に導電性粒子を分散させた系を用い、この系の伸張時の電気抵抗の増加から伸び歪みを測定するセンサーの発明に至った。しかも、この系の従来にない特色はセンサー出力が歪みに対して指数関数である点である。すなわち歪みがある値に至ると出力が急激に増加するので、危険ゾーンを検知する上で極めて有利である。

【0017】本発明のセンサーは、抵抗線、カーボン繊維と比較すると著しく低コストである。これは導電性粒子として、安価でしかも性能の良いカーボンブラック、もっと低コストの黒鉛を使用でき、高分子としては大量生産のゴム、プラスチック類が低コストで入手可能である。しかもセンサー製造においては、溶媒により溶解した、または加熱により熔融した高分子に粒子を添加、分散せしめるのみであるから製造コストがそれ程からない。

【0018】これらの系に電極を付与してセンサーを作

製し、構造物に対して予め歪み発生が予測できる箇所を中心としてセンサーを配置し、抵抗値の変化を計測して構造物の受けた歪みの値を得ることができる。歪み発生率が高い箇所は従来の土木・建築技術の蓄積から推定可能であり、また予測困難な場合も複数のセンサーの設置で対処できる。

【0019】計測方法としてはセンサーからリード線を引き出し、ターミナルを適当な位置に設けて定期的あるいは地震の後などに計測する方法がある。あるいは、コンピュータによるオンライン計測を行い、歪みの発生したときその歪みの大きさおよび発生位置を画面表示して、警戒警報を与えたり、速やかに修復指示を出したりすることができる。

【0020】前述の方法を重化学プラントの不等沈下監視にも利用できる。沈下が起こらないかあるいは沈下量が少ない位置を基点として、これとタンクなどにセンサーを固定し、沈下による伸びをモニターして、各位置の沈下を常時計測し、不等沈下があればこれを知ることができる。また現在は不等沈下とは呼べないような程度であっても将来どれくらい後に不等沈下に至るかを知ることができる。

【0021】同様に船舶、メガフロート等に設置すれば点検のための高額のドック使用料の低減につながり、大きな経済効果が期待できる。

【0022】カーボンなどの導電性粒子を高分子に分散させ、これに導電性を付与した面状発熱体は良く知られていて、現在いろいろな分野で使用されている。これらの面状発熱体のあるものはスイッチング特性により自ら一定温度を維持する。ここでスイッチング特性は次の現象を意味する。すなわち、低温時には低い電気抵抗値を示し、温度が上昇するとある温度から抵抗値が激増する。これに電力を与えると、低温時は抵抗値が低いので電流が流れ(スイッチオンに相当)系の温度が上昇し、ある温度に至ると抵抗激増のため電流が制限される(スイッチオフに相当)。このスイッチング特性、換言すれば自己温度調節特性の機構は、系を構成する高分子の熱膨脹に依ると言われている。従ってこの様な発熱体においては、スイッチング温度での急激な体積膨脹が不可欠であるので、用いるポリマーは必然的に結晶化度の高いものとなる。

【0023】前述の自己温度調節発熱体において、スイッチングの原理が熱膨脹であることはいま多くの研究者が認めているものの、一部にはこれを認めないものもある。反熱膨脹説派の根拠として、これらの発熱体を外力により引っ張っても抵抗値が増加しなかったと主張している。また現にカーボンブラック-高分子の系で伸張による抵抗値の増加は見られなかったという報告もある。

【0024】前述の一部の否定的な予測にも拘わらず、我々は導電性粒子と高分子との相互作用を十分考慮すれ

ば、導電性粒子-高分子系を外力で伸張すると抵抗値の指数的な増加が期待できると考えた。熱膨脹の場合、高分子の性質として不可欠であった高結晶性は外力による伸張の場合には必要ないと考えられる。この無定形高分子と結晶性高分子の相違は本発明においても意味を持つものであるが、この点については後から述べることにする。

【0025】本発明は自己温度調節面状発熱体の原理から実現に到ったものである。自己温度調節面状発熱体の場合は、本発明者の一部が開示したもの(特願平9-133746号)以外は全て結晶性の高分子でなくてはならない。ところが本発明においては、外力を受けて伸張する高分子である限り、どのような高分子を用いてもセンサーとして機能するもっとも高分子の種類によって、センサーとしての優劣は現れてくるから、目的にかなったものを選択することは必要である。

【0026】導電性粒子についても原理的にはどのようなものであってもセンサーとして機能する。現実には使用条件、製作技術を考慮してふさわしいものを選択することが重要であることは言うまでもない。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明においてはポリエチレンとポリ酢酸ビニルの共重合体であるEVAを溶媒に溶解し、これに所定量の黒鉛を添加混合し、溶媒を蒸発せしめた後ホットプレスで成形して試料を作製した。これに外力を加えて伸張せしめ、伸び歪みと電気抵抗を同時計測した。その結果試料の伸び歪みと電気抵抗の関係は、伸び歪みの増加に伴って電気抵抗が指数的に増加するという結果が得られた。

【0028】導電性粒子を高分子に分散させる方法は大きく二通りの方法がある。一つは高分子を高温で熔融しこれに導電性粒子を混ぜて混練する方法であるが、高分子が高粘度であるため通常ニーダー等により混練を行い、目的の形態に成形する。これに電極を設ければよい。電極を設ける方法は、前述の成形時に電極の付与されたベースと熔融した導電性粒子-高分子の組成物とを成形するか、あるいは成形された組成物に後から超音波などで電極を接着する方法がある。

【0029】もう一つはいわゆる印刷法である。高分子を溶媒に溶解しておいてこれに導電性粒子を添加し混合する。溶媒は高分子が溶解すれば基本的には何でも良いのだが、次の印刷の工程を考えると沸点の低いものは好まれない。従って通常はキシレン、デカリン、テトラリンなどが使用される。またインク(導電性粒子-高分子の溶液)の伸びを向上したり印刷生地との密着性のためにテルペン油、エチレングリコールなどの添加物が少量加えられることもある。

【0030】上記の方法で得られたセンサーの歪みのない状態(伸長していない状態)での抵抗値は、組成物の印刷部分のサイズ、電極間隔、導電性粒子濃度等を変える

ことにより、様々な抵抗値のものを作製することができ、同様に、導電性粒子の濃度、電極間隔を選択することにより、数ミリから数メートルの様々なサイズのセンサーの作製が可能である。この様な選択性は従来の歪みセンサーでは不可能であった。

【0031】本発明に依れば設置する基材の歪みがある値(使用上要注意な値か、あるいは損傷に至った値)になると、抵抗値の増加が指数的になる様な設計が可能である。これは、導電性粒子の濃度、センサーのサイズ、電極間隔を選択して実現できる。この様な幅広い選択性もまた従来の歪みセンサーでは不可能であった。

【0032】本発明で得られたセンサーは、鉄骨・鉄筋に密着固定して用いる。地震その他の外力により鉄骨・鉄筋が伸び歪みを受けたとき、密着しているセンサーも鉄骨・鉄筋と等価の歪みを受ける。その結果センサーの電気抵抗が指数的に増加する。これにより当該鉄骨・鉄筋の受けた歪みが許容範囲か否かを判定する。鉄骨構造物・鉄筋コンクリート構造物において許容される歪みの値は現在においては十分に知られているので、その許容値あたりで電気抵抗変化が大きく増加するようにセンサーのサイズなどの設計をすればよい。

【0033】前述のように、センサーが歪みと抵抗値との間に一定の関係を有しつつ伸びることができる伸びの上限値、および単位伸び歪み当たりの抵抗変化は、系に分散する粒子濃度に依存する。従って監視すべき鉄骨・鉄筋の性質、歪み発生が予想される部分の寸法などにを十分考慮して、これに最もふさわしいセンサーを設計することができる。この場合センサーの設計とはセンサーの形、寸法のみを言うのではなく、センサーを構成する粒子-高分子系の粒子濃度、用いる導電性粒子、および高分子の適切な選択をも含む。

#### 【0034】

##### 【実施例】実施例1

ここでは総括的な実施例を示す。ポリマーはエチレンと酢酸ビニル共重合体のEVA(ポリエチレン20wt%)を用いた。所定量EVAをトルエンに溶解し、計算量の鱗片状黒鉛(平均粒径1 $\mu$ m)を加えて混合し、溶媒を蒸発させた後真空乾燥器で溶媒除去を徹底し、ホットプレスを行って200 $\times$ 200ミリ、厚さ2ミリのシートに成形した。このシートを図1に示すようなダンベル型に切り取り、中央部(長さ25mm)の部分以外は表面、裏面、側面全て銀ペーストを塗布してこれを電極とした。

【0035】この試料の両端を絶縁材(ポリエチレンフィルム)で挟んで固定し、試験機で引っ張り歪みを加えながら電気抵抗を同時に測定した。試験機の機構はコンピューター制御されたステップモーターから数段のギアを経て試料を引っ張り、引っ張り長さはデジタル表示装置(ソニー(株)製LY41)、電気抵抗はデジタルマルチメーター(アドバンテスト社R6452A)で計測し、コンピューターに取り込んだ。装置全体のコントロールおよび計測デ

ータ処理はパソコン(NEC社、PC9821 V16)で行った。引っ張り長は $\mu$ m単位で計測できるよう設計した。

【0036】試料に張力をかけない前の抵抗値と、添加した黒鉛濃度との関係を図2に示した。今回の装置では、デジタルマルチメーターとインターフェースの関係から、抵抗値が100M $\Omega$ を越えるとコンピューターに取り込む事ができないという制約がある。従って黒鉛濃度が27.5%を下回る場合は引っ張り試験は行わなかった。図2から解るように張力をかける前の抵抗値は1.15M $\Omega$ から133 $\Omega$ にまで広がっている。但し、いずれの濃度においても読みとりの上限値は100M $\Omega$ である。

【0037】各黒鉛濃度の試料の伸び歪みと抵抗値との関係を図3～図8に示した。ここでは伸び歪みは、実際の伸びの長さに対する抵抗体伸長を受ける部分の長さ(2.5mm)の割合(%)で表されている。この図において縦軸は直線的であり、スケールが各々の場合で異なっていることに留意すべきである。黒鉛濃度が低い場合、引っ張る前の抵抗値が既に高く読み取りの上限値があるので、抵抗の増加が低く現れている。30wt%の場合は指数関数的な抵抗増加が見られ、32.5wt%が最も激しい抵抗増加が見られる。35wt%の場合はこの激しさが少し衰え、末期に試料の破壊(ひび割れの発生)によるものと見られるシグナルの乱れが現れる。これはカーボン添加濃度の増加に伴う力学的性質の変化である。カーボン濃度が増加するにつれて系が硬く脆くなる。37.5wt%の場合抵抗増加率が低くなり、試料の破壊が起こる。40wt%ではこの傾向が更に顕著になる。

【0038】図3～図8では伸び歪みに対する抵抗値を縦軸に直線目盛りで表したが、今度は伸び歪みに対して抵抗値を対数目盛りで表し図9～図14に示した。注目すべき事はどの黒鉛濃度の場合も抵抗値の対数と伸び歪みはほぼ直線関係が成立するということである。すなわち、抵抗(R)と伸び歪み( $\epsilon$ )においては数1の関係が認められる。

#### 【0039】

##### 【数1】

$$\log(R) = a \cdot \epsilon + b \quad (1)$$

【0040】ここでa、bはある定数を意味する。数1を変形すると、すなわち、数2の形になり、抵抗が歪みに対して指数的に増加することが解る。

#### 【0041】

##### 【数2】

$$\begin{aligned} \log(R) &= \log 10^{a \cdot \epsilon + b} + \log 10^b \\ R &= 10^b \cdot 10^{a \cdot \epsilon} \\ R &= a' 10^{b'} \end{aligned} \quad (2)$$

【0042】この様な抵抗値の対数と歪みとの直線関係はこれまで如何なる文献にも報告されていない。ここで

は一応トンネル電流により説明を試みる。試料を引っ張ることにより、引っ張り以前に接触していた粒子の間に間隙が生じたり、同じく引っ張り以前から存在していた間隙が引っ張ることにより更に間隙の距離が増加することは容易に予想し得る。この間隙の距離が十分長ければもはやこの様な間隙を通じての電気伝導はない。しかし間隙距離が短い場合、この間隙によるポテンシャルを通しての電気伝導が可能になる。この様なことは量子の世界では可能である。例えば、テニスボールが壁を抜けて向こう側に到達することはないが、電子がポテンシャル

障壁を抜けて向こう側に到達することはできる。このような現象はトンネル効果と呼ばれている。以下に、このトンネル効果によりポテンシャルをすり抜けて流れるトンネル電流について説明する。

【0043】いまX-軸方向に $E_x$ の運動エネルギーを持つ電子が、図15に示されるようなポテンシャル障壁を越えてX-軸方向、すなわち、左から右側に移る確率 $P(E_x)$ を求めると、数3のように表すことができる。

【0044】

【数3】

$$P(E_x) = \exp \left\{ (-4\pi/h) \int_0^s [2m(\phi(x) - E_x)]^{1/2} dx \right\} \quad (3)$$

【0045】ここで $m$ 、 $h$ 、 $s$ 、 $f(x)$ は、それぞれ電子の質量、プランク定数、ポテンシャルの幅、ポテンシャルの高さを表す。この確率 $P(E_x)$ を用いるとトンネ

ル電流は数4で表すことができる。

【0046】

【数4】

$$J = \int_0^{E_m} P(E_x) dE_x \{ (4\pi me/h^3) \times \int_0^\infty [f(E) - f(E+eV)] dE \} \quad (4)$$

【0047】ここで $E_x$ は電子の動径方向の運動エネルギー、 $f(E)$ はFermi-Dirac分布を表す。問題は数4の積分が数学的にはできないことにある。従って何らかの近似を用いる必要がある。ここでは図4の結果を説明するためにSimmonsによる方法を用いる(J. G. Simmons,

J. Appl. Phys. 34, 1793(1963).)。これに関する詳細は省略するが、ポテンシャル障壁にかかる電圧が低い場合は、トンネル電流は数5で近似できるとしている。

【0048】

【数5】

$$J = [3(2m\phi)^{1/2}/2s](e/h)^2 V \cdot \exp[-(4\pi s/h)(2m\phi)^{1/2}] \quad (5)$$

【0049】ここで、トンネル障壁にかかる電場を $F$ とすると $F=V/s$ であるからこれを用い、数5両辺を $F$ で割り、更に対数をとると、数6となる。

【0050】

【数6】

$$\log(\sigma) = \log [3(2m\phi)^{1/2}/2](e/h)^2 - [(4\pi s/h)(2m\phi)^{1/2}] \quad (6)$$

【0051】ここで、 $s$ は伝導度、すなわち体積抵抗の逆数である。従って体積抵抗 $r$ は、数7で表される。

【0052】

【数7】

$$\log(\rho) = [(4\pi/h)(2m\phi)^{1/2}](s) - \log [3(2m\phi)^{1/2}/2](e/h)^2 \quad (7)$$

【0053】すなわち、幅 $s$ のトンネル障壁に電圧をかけて抵抗を求め、抵抗と障壁の幅との関係を求めると数7のように抵抗の対数と幅は直線関係となることが解る。

【0054】上で述べた数7の関係を無条件に図9～図14の結果と結びつけるわけには行かない。現実の試料には無数の粒子が存在し、これらの粒子間の間隙がトンネル障壁となっていると考えることができる。厳密に言えば、これら全てのトンネル障壁を考慮すべきである。この目的のために、障壁の幅にボルツマン分布を考慮し、等価回路を用い、シュミレーションを行った。この結

果、系に多数のトンネル障壁が存在する系において電気抵抗の対数と伸び歪みとの間に直線関係があることが理論的に明らかになった(T. Kimura, N. Yoshimura, T. O giso, K. Maruyama and M. Ikeda, Polym. Commun., in press. )。従って、図9～図14の結果はトンネル効果で説明することができる

【0055】抵抗値の対数と伸び歪みとの直線関係は明らかになったが、今度はこの関係に対するカーボン濃度の影響について述べる。図9～図14の結果から試料を引っ張ったとき、単位伸び歪み当たりで抵抗値が何倍になったかを求めた。すなわち、歪み量がある値の時の抵抗



値を $R_0$ とする。これから単位歪み量( $\epsilon$ )試料が伸びたときの抵抗値を $R$ とし、抵抗値の比、 $(R/R_0)/\epsilon$ を図9～図14から求め、これをカーボン濃度の関数としてプロットし、図16に示した。図16から解るように $[(R/R_0)/\epsilon]$ の値は30wt%の当たりで極大値を持つ。従ってこの辺りの濃度を選択すると伸び歪みに対して最も鋭敏な歪みセンサーが可能になる。このカーボン濃度と $[(R/R_0)/\epsilon]$ の関係は次のように説明できると考える。すなわち、カーボン濃度が低い場合粒子間の間隙は広いのでポテンシャル障壁は高いものが多く、従ってトンネル電流は極めて低く事実上電流は観測されない。従ってこうした試料を伸張しても抵抗値の増加はそれほどは期待できない。逆にカーボン濃度が高い場合、粒子が直接接触してトンネル効果による寄与は少なくなっている。従って図16に現れるようにあるカーボン濃度で極大値が現れることは十分予想できる。

#### 【0056】実施例2

実施例1では、EVAと黒鉛の系について、黒鉛濃度の影響を詳細に述べたが、本実施例以下数例にわたって、導電性粒子に種々のものを用いた例を示す。EVA(酢酸ビニル25wt%、エチレン75wt%)94重量部をトルエンに溶解し、このトルエン溶液に、ケッチェンブラックECを予め粉碎して造粒されている粒子を砕いておいたもの6重量部を混合した。これをテフロンバットにキャストして溶媒を蒸発せしめ、組成物をホットプレスにかけて図1に示されているダンベル型に成形し、銀ペーストを塗布した。

【0057】この系の伸び歪みと電気抵抗の関係は実施例1に述べた方法で測定した。この結果を図17に示す。実施例1と比較すると伸びに対する抵抗増加が少ないことが解る。もっとも添加量をより少なくすれば抵抗値の変化はもっと大きくなる。後の実施例からも解るようにケッチェンブラックの場合が最も抵抗変化が少ない。この原因は現在研究中であるが、カーボン粒子間の強い相互作用に依るものと考えられる。

#### 【0058】実施例3

EVA(酢酸ビニル25wt%、エチレン75wt%)80重量部をトルエンに溶解し、このトルエン溶液に、20重量部のアセチレンブラックを実施例2と同様な方法で分散させ、キャスト、ホットプレスの後、実施例1と同様なダンベル型試料を作製した。伸び歪みと電気抵抗の関係を図18に示した。この場合もケッチェンブラックの場合とほぼ同様に伸び歪みに対する抵抗値の変化は少ない。本実施例および実施例2の場合でもカーボンの添加量を減じてパーコレーション閾値近くまで持って行くと抵抗値の変化は大きくなる。

#### 【0059】実施例4

EVA(酢酸ビニル20wt%、エチレン80wt%)65重量部をトルエンに溶解し、このトルエン溶液に、デントールWK-200B(チタン酸カリウム針状結晶の表面に化学的蒸着法で

カーボンを蒸着して導電性を付与したもの)35重量部を前述の実施例と同様な方法で分散させ、試料作成後伸び歪みと電気抵抗の関係を測定し図19に示した。この場合は粒子径の極度に細かいカーボンブラックとは異なり伸び歪みの変化に伴って大きな抵抗変化が見られた。

#### 【0060】実施例5

EVA(酢酸ビニル20wt%、エチレン80wt%)70重量部をトルエンに溶解し、このトルエン溶液に、マイカ微粒子にニッケルの化学メッキを施したものを30重量部分散させ、キャスト、ホットプレス後、ダンベル型試料を作製し、これまでの実施例と同様に伸び歪みと電気抵抗の関係を測定し図20に示した。この場合も実施例4と同様に伸び歪みに対して大きな抵抗値の変化が見られた。

#### 【0061】実施例6

これ以後数例にわたって種々のポリマーを用いてセンサーを作製した場合の例を示す。軟質ポリ塩化ビニル65重量部を熱熔融し、黒鉛(日本黒鉛、J-SP)35重量部を混練しプレスによりダンベル型の試料を作製し、銀ペーストによる電極を付与し、先の応用例と同じ方法で伸び歪みと電気抵抗の関係を求めた。この結果を図21に示した。この場合も伸び歪みに対して大きな抵抗値変化が得られた。

#### 【0062】実施例7

シリコン未硬化物(東レシリコン、SE9187)65重量部にトルエン30重量部を加え攪拌して粘度を下げ、黒鉛(日本黒鉛、J-SP)35重量部を混練し、ダンベル型の鑄型に入れて放置し、溶媒を蒸発せしめ、真空乾燥して試料を得た。この試料に対して伸び歪み-電気抵抗の測定を行い、その結果を図22に示した。この系の場合は銀ペーストの接着性に問題があった。実用には銀ペーストではなく予め金属メッシュの電極を成形時に入れておく等の対策が必要である。またシリコンの硬化の際、試料内に応力が発生するので、初期の歪み-抵抗の対数の関係において、初期の直線性のない部分は残留応力に起因するのかも知れない。しかし伸び歪みと抵抗値をリニアプロットすれば、ある歪み量から抵抗値が鋭く増加するのでセンサーとしての有用であることが解る。

#### 【0063】実施例8

65重量部の未加硫のアクリロニトリル-ブタジエンゴムをテトラヒドロフランに溶解して、これに黒鉛(日本黒鉛、J-SP)35重量部を加え、ダンベル型の鑄型にキャストし、銀ペーストで電極を設け、伸び歪みと電気抵抗との関係を求め、図23に示した。この場合も伸び歪みと抵抗値の対数のプロットでは初期には直線性からのずれが見られるが、センサーとしての有用性は十分認知できる。

#### 【0064】実施例9

本例においてはポリマーを溶媒で溶解せず、熱熔融にて溶解し、導電性粒子を分散させてセンサーを作製した例を示す。低密度ポリエチレン(トーソー(株)製ベトロセ

ン203)65重量部および黒鉛(日本黒鉛、J-SP)35重量部をニーダーを用いて混練した。これをホットプレスし、ダンベル型にカットして、銀ペイントで電極を形成した。この試料に対して同様に伸び歪み-電気抵抗の関係を測定し図24に示した。この場合は伸び歪みと電気抵抗の対数の間に優れた直線性を有するが、混練の再現性にはかなりの熟練があることが解り、実用的な面では品質管理に多少の困難が伴うことが予見された。

#### 【0065】実施例10

本例から以後は、印刷法によりセンサーを作製し、特性を評価した例を示す。EVA(エチレン20%)65重量部をテトラリンに溶解し、黒鉛(日本黒鉛、CSP)35重量部を加えてインク化し、厚み120ミクロンの二軸延伸PETフィルム(予め電極が銀ペーストで印刷してある)に印刷した。印刷膜は90ミクロンであった。試料は図25に示してある。この試料の伸び歪みと電気抵抗の関係を求め図26に示した。抵抗の対数と伸び歪みとの関係は、初期には直線性から少しずれるがその後すぐ直線に戻る。リニアな目盛りでプロットすれば、ある歪み量から電気抵抗が急増することが解り、センサーとしての有用性が確認できた。

#### 【0066】実施例11

EVA(エチレン20%)65重量部をテトラリンに溶解し、黒鉛(日本黒鉛、CSP)35重量部を加えてインク化し、厚み100ミクロンのポリカーボネートフィルムに印刷した。これを実施例10と同じ形状にし、伸び歪みと電気抵抗を計測し、図27に示した。この場合は抵抗値の対数と伸び歪みの間に良い直線関係が得られ、センサーとして使用し得ることが判明した。

#### 【0067】実施例12

EVA(エチレン20%)65重量部をテトラリンに溶解し、黒鉛(日本黒鉛、CSP)35重量部を加えてインク化し、厚み100ミクロンの硬質ポリ塩化ビニルフィルムに印刷した。これを実施例10と同じ形状にし、伸び歪みと電気抵抗を計測し、図28に示した。この場合も実施例11と同様の結果が得られた。

#### 【0068】実施例13

EVA(エチレン20%)65重量部をテトラリンに溶解し、黒鉛(日本黒鉛、CSP)35重量部を加えてインク化し、厚み125ミクロンのポリイミド(宇部興産ユービレックス)フィルムに印刷した。これを実施例10と同じ形状にし、伸び歪みと電気抵抗を計測し、図29に示した。図より解るようにこの場合は安定した良好な結果が得られた。

#### 【0069】

【発明の効果】上に述べたようにカーボンを高分子に分散させた系を伸長せしめると、伸び歪みに対して系の電気抵抗は指数的に増加する事が判明した。上記実施例ではカーボン濃度30wt%の系で伸び歪みに対して抵抗値増加が最も鋭敏であることも解った。歪みの許容量の辺り

で抵抗値変化が鋭く変化するようにセンサーの寸法を設計することは上に示されたデータから可能となる。センサー出力が歪みに対して指数的事であることは安全管理基準を定めることが極めて容易になる。もしもセンサー出力が直線的であれば、危険と判断する限界値を決めるのにかなりの労力を必要とするし、またその判断そのものの信頼性も問題となる。またセンサー特性の経時変化の点についても、認識したい歪み量に対して例えばセンサー出力が二桁の抵抗値増加であれば、長期間後にセンサー特性が数十%変化しても十分使用に耐え得る。この点からもこのセンサーは従来にない特性を持つ。

【0070】上記実施例から伸び歪みセンサーを設計するにあたり $[(R/R_0)/\epsilon]$ の値以外にもセンサーの機械的性質そのものの利用価値がある。すなわちカーボン濃度を高くすると伸び歪みに対する抵抗変化の鋭敏性は犠牲になるけれど、系を脆くしてセンサーが切断を受けるようにすることもできる。この場合ある量の歪みを受けたことは、破壊がセンサー切断という事実で記録される。逆にカーボン濃度が低い場合、歪みを受けた後のセンサーの復元がある程度期待できる。歪みを常時監視するシステムの場合は、この様なカーボン濃度の低い系が有用であると考えられる。

【0071】導電性粒子の濃度で抵抗値を幅広く選択することができる。また電極間距離を選択して、設置基材の危険歪みに対してセンサー出力を明確に急増せしめることが可能である。これらの選択によりセンサーのサイズとして大型ものも可能であり、建築物、船舶、メガフロート等に対するセンサーが初めて可能になった。

【0072】カーボン-高分子系を伸張して電気抵抗変化を観測する際、次の二つの点が重要となる。一つはカーボンそのものの問題である。カーボンの種類によって得られる結果が異なることが考えられる。予測されていることは、カーボンと高分子との相互作用が強いケッチェンブラックを用いると伸び歪みに対する電気抵抗変化が少ないことである。逆に黒鉛の場合は電気抵抗変化が大きいと予測できる。この様にカーボンの種類を選択して目的にかなったセンサーの作製をすることができる。

【0073】高分子について言えば、原則として高分子の伸長する範囲内でどの様な高分子を用いてもセンサーの作製が可能であることは前述の実施例より明らかである。このセンサーの更なる展開について述べると、高分子の機械的性質の二つの要素、弾性と粘性を適宜使い分けることで新たな展開が生ずる。粘性の支配的な高分子であれば伸び歪みを受けた後外力を除去しても、電気抵抗は増加したままの状態に留りやすく、弾性的性質が支配的なものであれば、外力を除去すれば抵抗値も元の状態に戻りやすい。この様に粘弾性を見極めて、常時モニター用のセンサーに用いるか、外力を受けた後のみセンサーを調べるようなタイプに用いるか使い分けることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】試料センサーの形状を示す平面図であり、中央部の灰色の部分(表面、裏面および側面を含む)以外は銀ペーストを塗布してある。

【図2】張力ゼロの抵抗値とカーボン添加量の関係を示すグラフである。

【図3】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:27.5wt%)。

【図4】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:30wt%)。

【図5】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:32.5wt%)。

【図6】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:35.0wt%)。

【図7】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:37.5wt%)。

【図8】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:40.0wt%)。

【図9】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:27.5wt%)。

【図10】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:30wt%)。

【図11】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:32.5wt%)。

【図12】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:35.0wt%)。

【図13】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:37.5wt%)。

【図14】カーボン-EVA(PE20wt%)系センサーの電気抵抗の対数と伸び歪みとの関係を示すグラフである(カーボン濃度:40.0wt%)。

カーボン濃度:40.0wt%)。

【図15】トンネル障壁の説明図である。電子は幅s高さの障壁 $\phi(x)$ を量子力学的に抜けてとおる。

【図16】単位伸び歪み当たりの抵抗増加比とカーボン濃度との関係を示すグラフである。

【図17】6wt%ケッチェンブラック-EVA(エチレン75%)系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図18】20wt%アセチレンブラック-EVA(エチレン75%)系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図19】35wt%デントールWK-200B-EVA(エチレン80%)系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図20】30wt%ニッケルメッキマイカー-EVA(エチレン80%)系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図21】35wt%黒鉛(J-SP)-硬質ポリ塩化ビニル系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図22】35wt%黒鉛(J-SP)-軟質ポリ塩化ビニル系の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図23】35wt%黒鉛(J-SP)-アクリロニトリル-ブタジエンゴム系の伸び歪みと電気抵抗との関係を示すグラフである。

【図24】35wt%黒鉛(J-SP)-低密度ポリエチレン(トソー(株)製ベトロセン203)系の伸び歪みと電気抵抗との関係を示すグラフである。

【図25】は左右の両端部分は銀ペーストによる電極を設けているプリント試料の形状を示す平面図である。

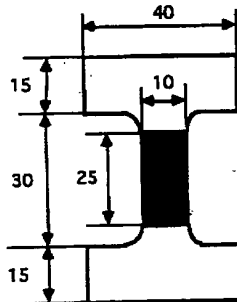
【図26】35wt%黒鉛(CSP)-EVA系のPETプリント試料の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図27】35wt%黒鉛(CSP)-EVA系をポリカーボネートフィルムに印刷した試料の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

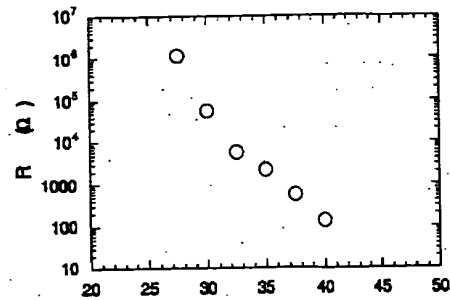
【図28】35wt%黒鉛(CSP)-EVA系を硬質ポリ塩化ビニルフィルムに印刷した試料の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図29】35wt%黒鉛(CSP)-EVA系をポリイミドフィルムに印刷した試料の伸び歪みと電気抵抗の関係を示すグラフである。

【図1】

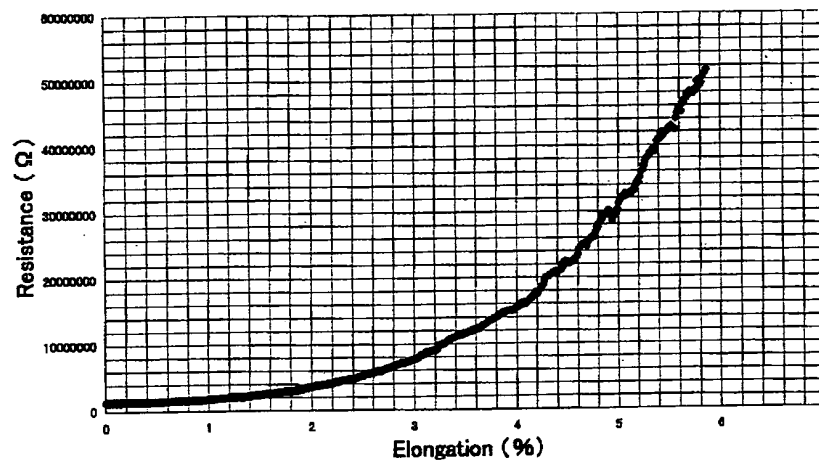


【図2】



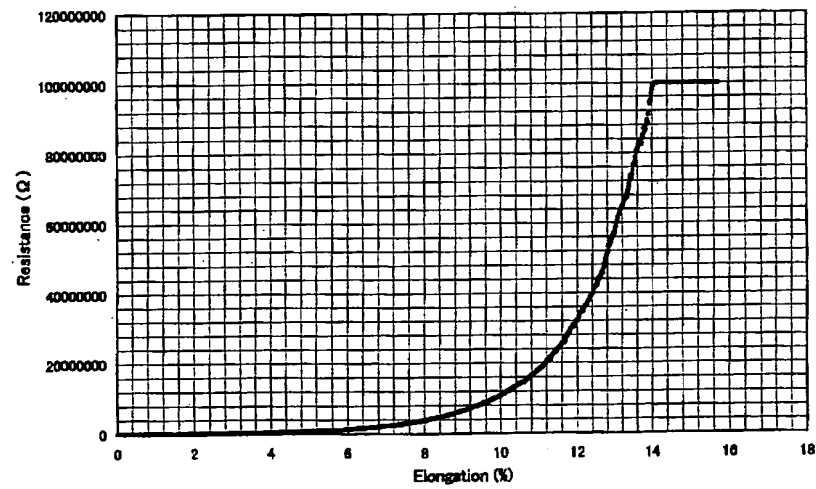
【図3】

27.5%



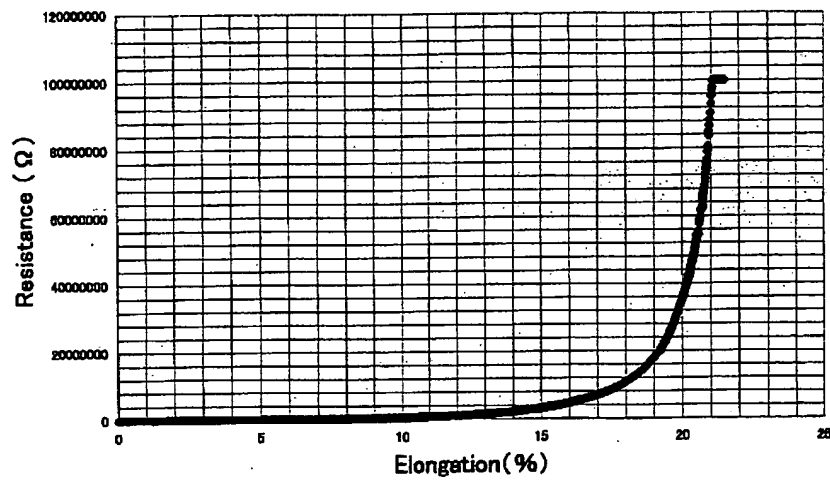
【図4】

30%



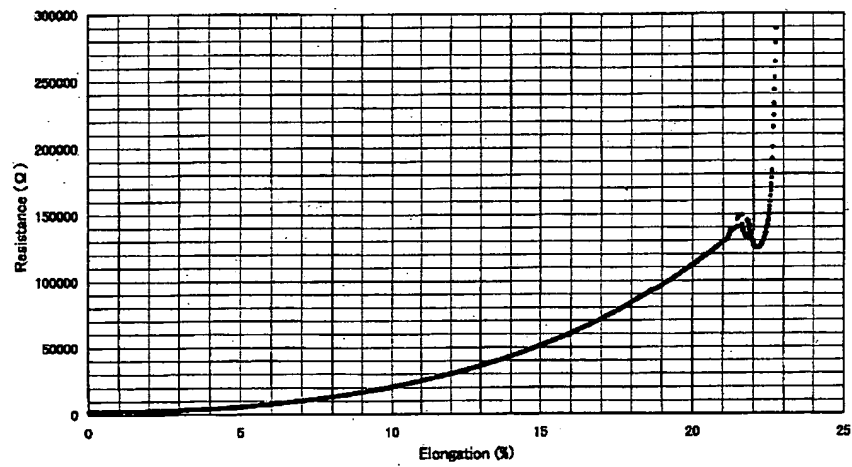
【図5】

32.5%

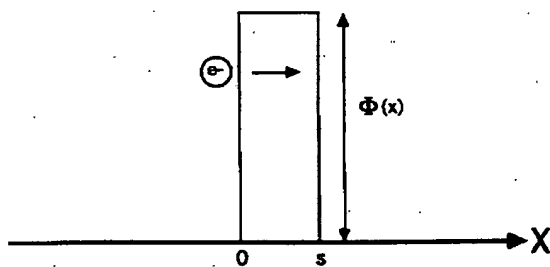


【図6】

35%

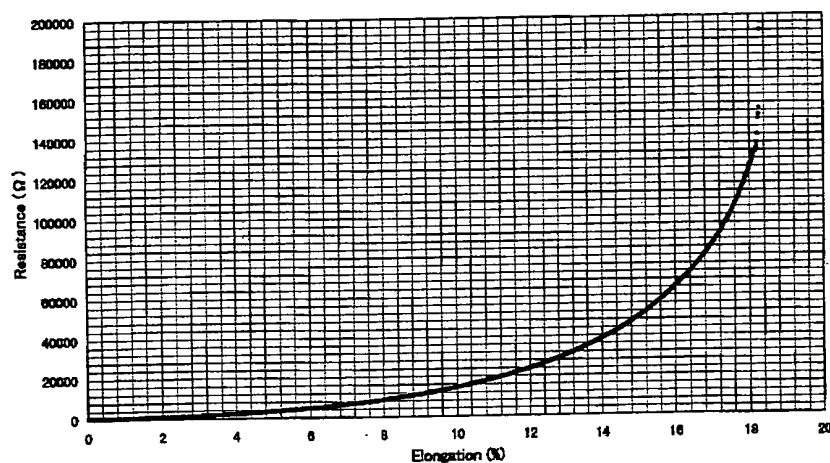


【図15】



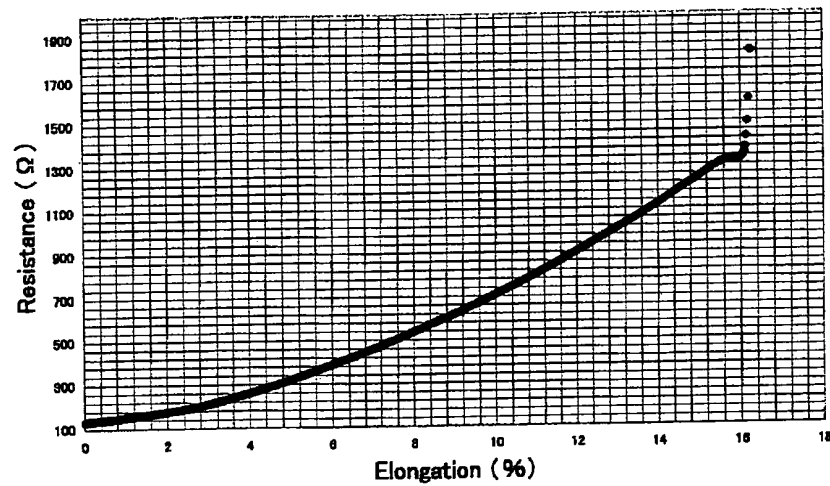
【図7】

37.5%

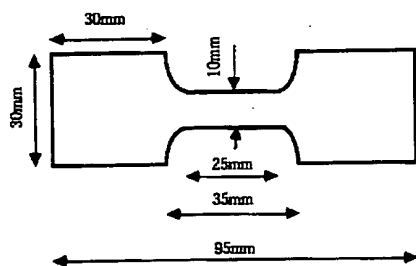


【図8】

40.0%

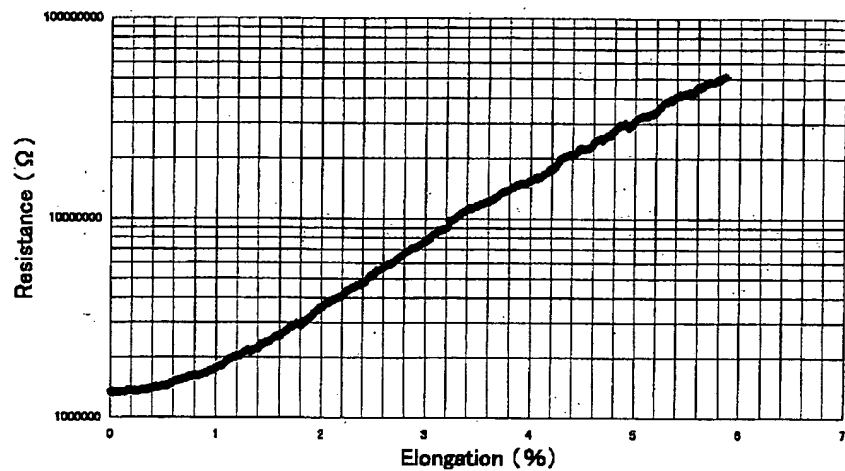


【図25】



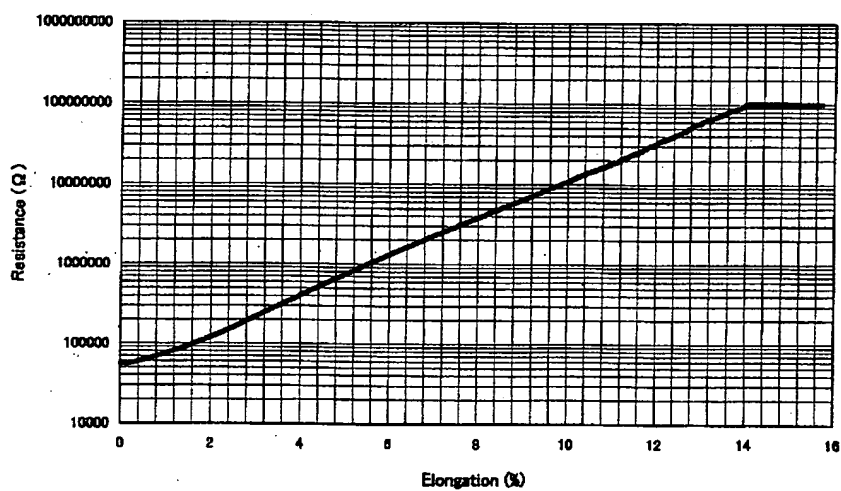
【図9】

27.5%



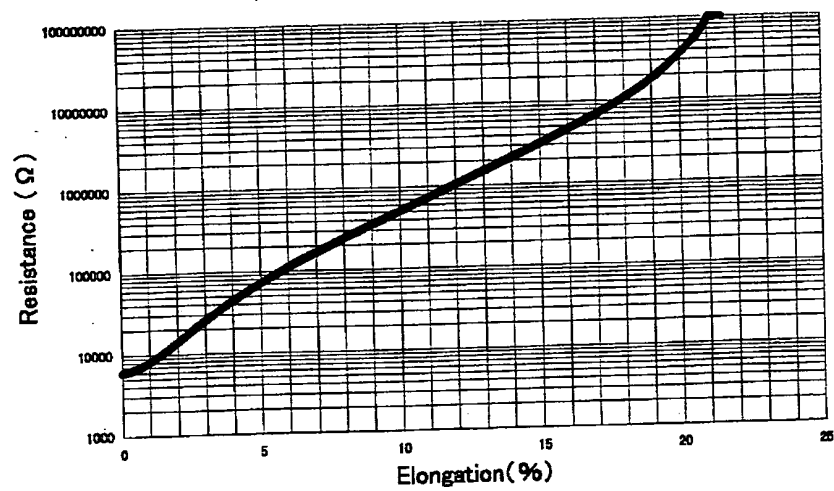
【図10】

30%



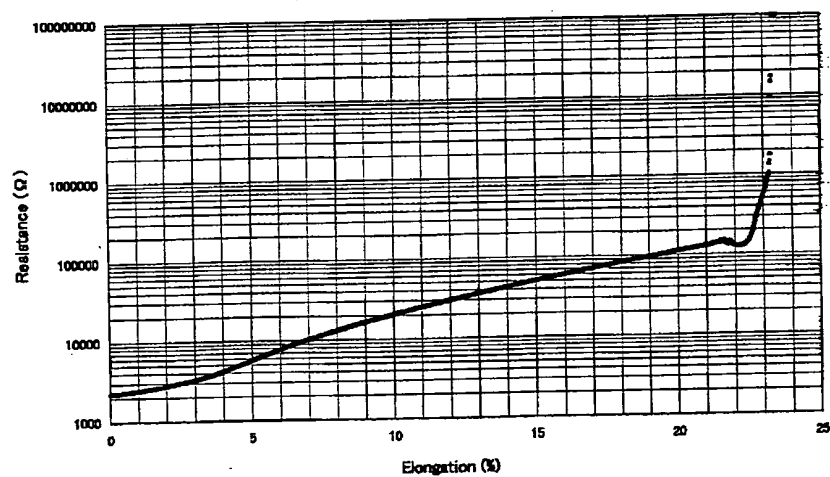
【図11】

32.5%



【図12】

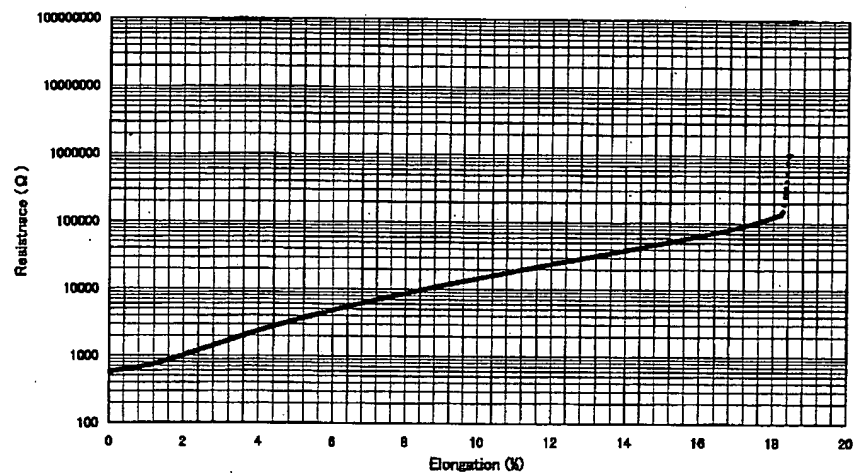
35%





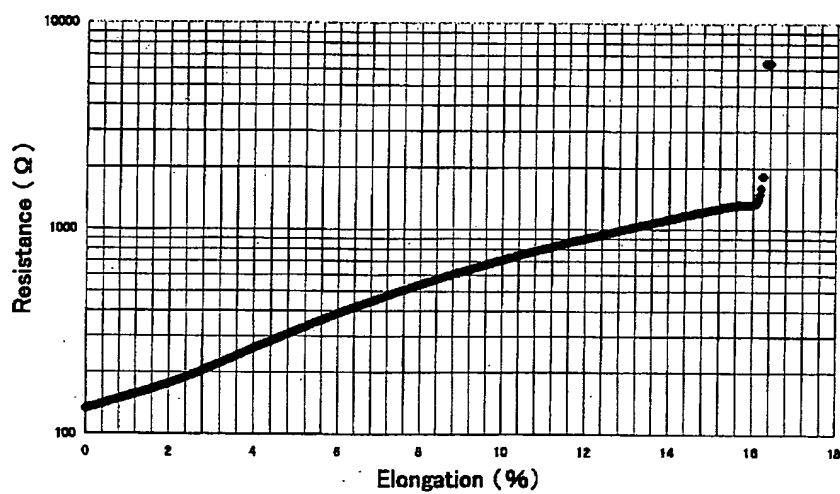
【図13】

37.5%

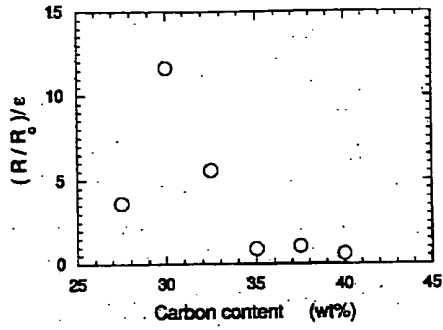


【図14】

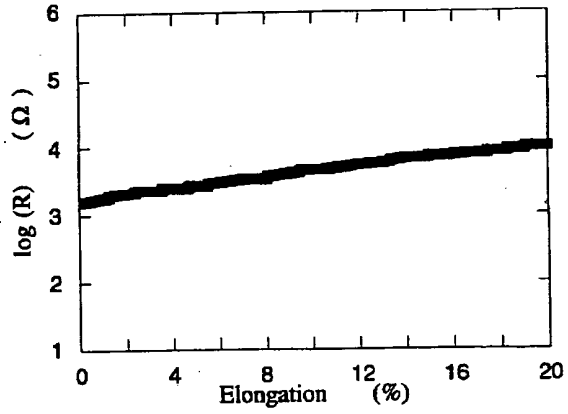
40.0%



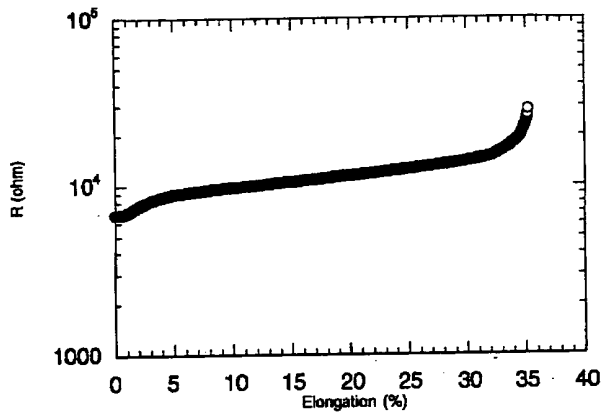
【図16】



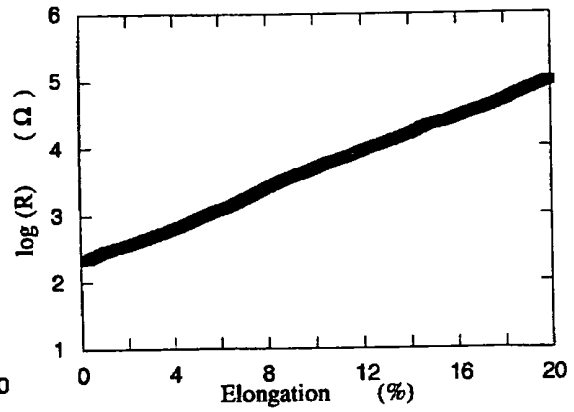
【図17】



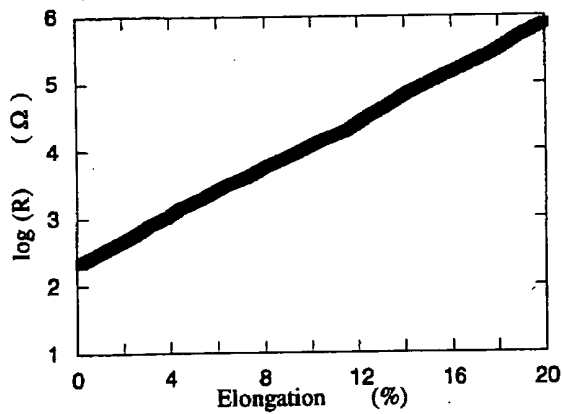
【図18】



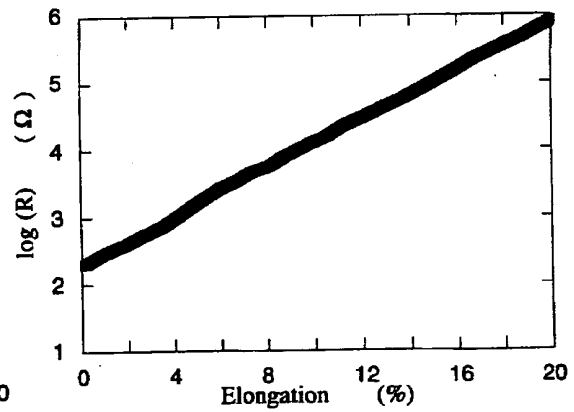
【図19】



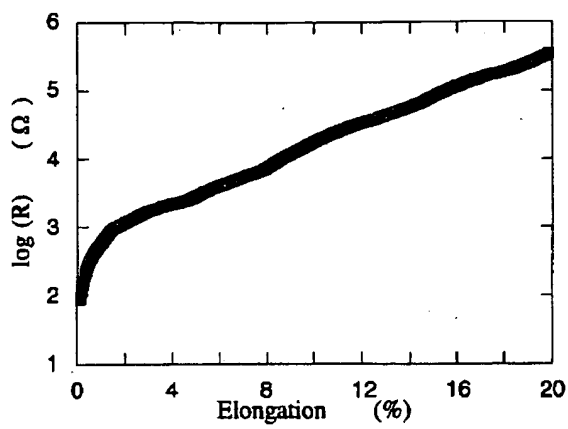
【図20】



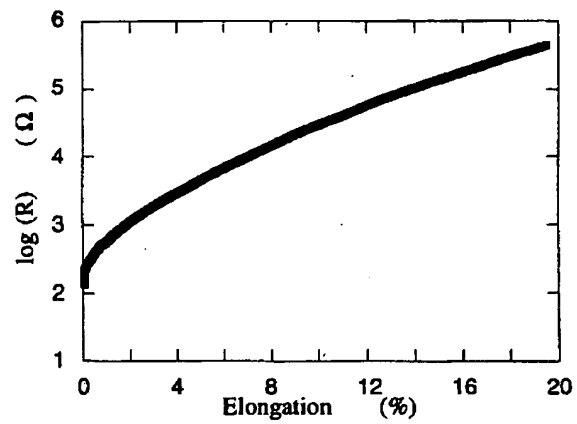
【図21】



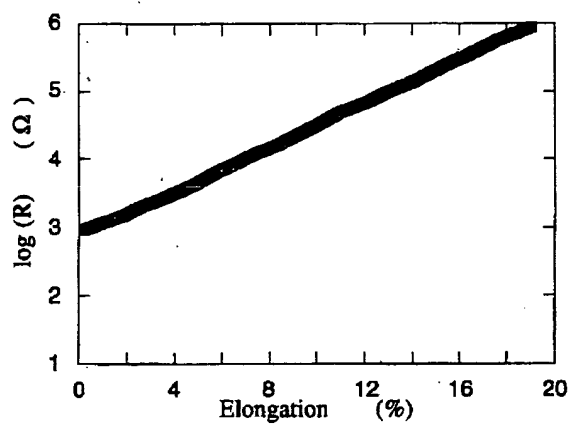
【図22】



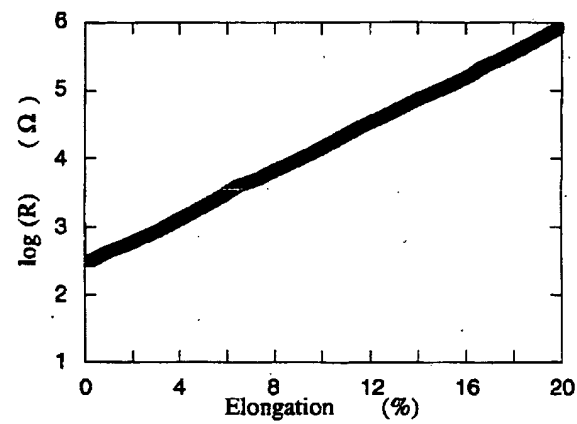
【図23】



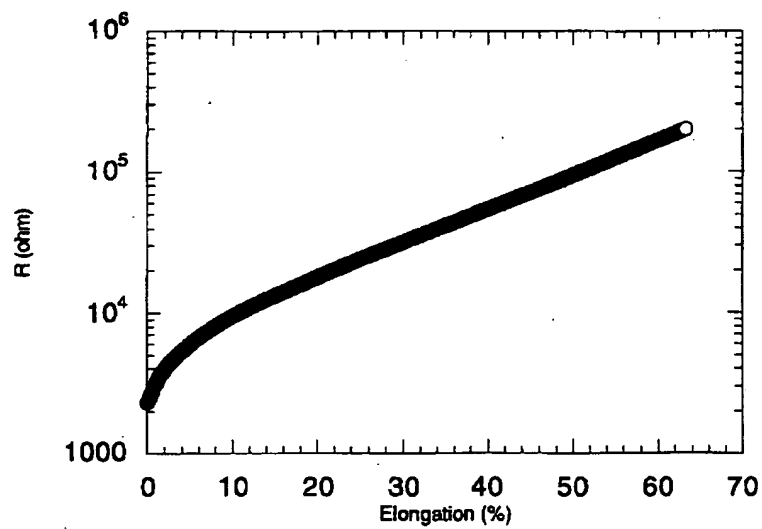
【図24】



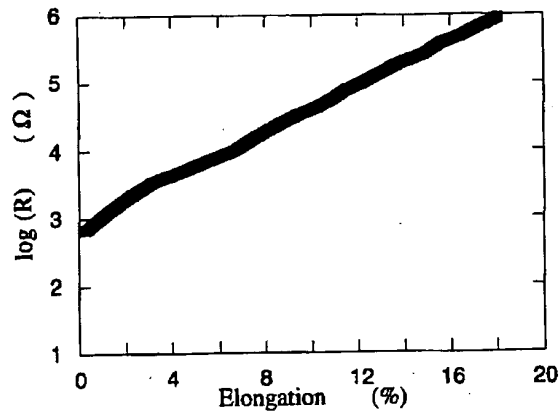
【図27】



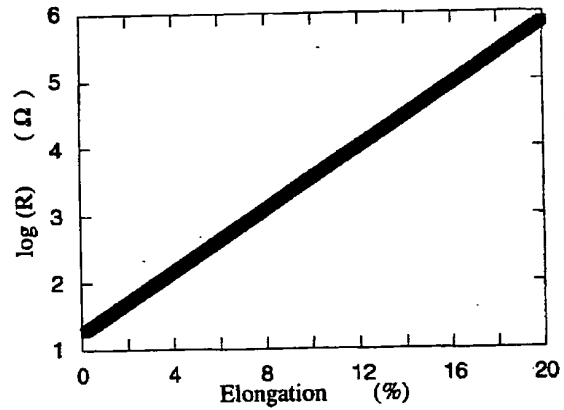
【図26】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(71)出願人 396020970  
ミタケ電子工業株式会社  
京都府福知山市新庄747  
(71)出願人 391030088  
株式会社フォーライフ  
東京都千代田区内神田2丁目4番2号

(72)発明者 木村 豊明  
愛知県名古屋市中川区荒子町字大和ヶ池75  
番地  
(72)発明者 藤崎 忠志  
東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設  
株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**